

고속 3상 유도전동기 구동을 위한 새로운 RPWM 기법

權洙範[†], 李曉相^{*}, 朴鍾珍^{*}, 金南俊^{**}

Novel RPWM Techniques for High-Speed Three-Phase Induction Motor Drive

Soo-Bum Kwon, Hyo-Sang Lee, Jong-Jin Park, and Nam-Joon Kim

요약

본 논문에서는 PWM 펄스를 랜덤하게 위치시킬 수 있는 새로운 3상 공간 벡터 RPWM(Random PWM) 기법을 제안한다. 기존의 RPWM 방식과 달리 3상 대칭 변조 기법에 의해 발생된 공간 전압 벡터 PWM(Space Vector PWM) 펄스를 랜덤하게 위치시키는 원리를 각 섹터마다 달리 적용하여 RPWM을 구현하는 기법을 제안한다. 제안된 기법의 타당성 검증에 위하여, 제안된 RPWM 기법 알고리즘에 대해 MATLAB/SIMULINK를 이용한 시뮬레이션 및 DSP를 이용한 IGBT 인버터를 구성하여 실험을 수행한다. 특히 10,000 rpm 이상의 고속운전 시, 공간 전압 벡터 PWM 기법과 제안된 RPWM 기법에 의해 발생하는 인버터 출력 전류의 고조파 스펙트럼을 비교한다. 즉 전류 고조파 스펙트럼에서 스위칭 주파수 정수배에 해당하는 고조파의 크기를 비교하여 제안된 RPWM의 기법의 타당성을 검증하고자한다.

ABSTRACT

This thesis is proposing novel RPWM(Random PWM) techniques that can locate PWM pulse to do random. RPWM techniques to propose locates SVPWM(Space Vector PWM) pulse by number of each random and principle to locate of pulse applies different random function and locate pulse. For propriety verification of proposed techniques, achieve an simulation and experiment that use MATLAB/SIMULINK about proposed RPWM techniques algorithm and IGBT inverter composition that use DSP(TMS320C31). Specially, analyze harmonic spectra of inverter output current when the induction motor speed is more than 10,000 rpm, confirm that RPWM's effect in high speed degree appears. Proposed RPWM techniques propriety prove from reduction effect of harmonic magnitude that corresponds to an integer times of switching frequency.

Key Words : Random Pulse Position PWM, Space Vector PWM, Reduction of Harmonic Magnitude High-Speed Motor Drive.

1. 서론

현대 산업개발 체계는 고정밀, 고효율, 저비용의 모

터를 사용하고자 하며, 가능한 그 기술을 습득하기 위해 엄청난 투자를 하고 있다. 이에 부응하여 고정밀의 토크 및 속도 제어가 가능한 유도전동기 서보시스템이 산업계의 전반적인 분야로 확대되고 있다. 최근 유도전동기 구동의 구현은 용이하지 않지만, 빠른 응답 특성 및 우수한 전류제어 성능을 가진 공간 전압 벡터 PWM(Space Vector PWM) 방식을 사용하고 있다. 또한 SVPWM 경우, 선형적으로 제어가 가능한 출력전압의 영역이 삼각파 비교 방식보다 15.5% 증가함은

[†]교신저자 : 학생회원, 대진대 대학원 전기공학과 졸업(석사)
E-mail : ksboss@daejin.ac.kr

^{*}학생회원, 대진대 대학원 전기공학과 졸업(석사)

^{**}정회원, 대진대 전기공학과 부교수

접수일자 : 2004. 1. 13 1차 심사 : 2004. 3. 17

2차 심사 : 2004. 5. 6 3차 심사 : 2004. 5. 21

심사완료 : 2004. 5. 31

이미 알려져 있다^[1,2]. 그러나 이러한 SVPWM은 대부분 고정 스위칭 주파수를 사용하여 스위칭 주파수의 정수배에 해당하는 특정 주파수 대역에서 고조파가 집중적으로 발생하게 된다. 이러한 고조파는 불쾌한 소음을 유발하며, EMI(Electromagnetic interference) 문제도 발생시키게 된다^[3,4].

최근 이러한 문제점 개선을 위해 스위칭 주파수를 가변하는 RS(Random Switching Frequency)PWM 기법을 적용하고 있다. 또한 스위칭 주파수는 변하지 않지만 펄스의 위치를 랜덤하게 하는 RPP-PWM(Random Pulse Position-PWM) 방식을 구현하고 있다^[5,6].

본 논문에서는 산업현장에서 사용 가능한 품질이 좋은 고속 유도전동기 구동을 위한 새로운 RPP-PWM 기법을 제안한다. 특히 10,000rpm 이상에서 제안된 기법의 타당성을 검증하기 위하여 SVPWM 기법과 제안된 RPP-PWM 기법에 대한 인버터 출력 전류 스펙트럼을 비교한다. 이에 대한 결과 중 스위칭 주파수 정수배 대역에서의 고조파 발생 비율을 근거로 하여 제안된 RPP-PWM 기법의 효과를 확인한다.

2. RPP-PWM 기법

2.1 공간전압벡터 변조기법

3상 대칭 변조 기법을 적용한 SVPWM 기법은 PWM 인버터를 구현함에 있어 그 성능이 우수한 것으로 입증 되었다^[6,7]. 그림 1은 능동 전력 반도체 소자와 다이오드의 역병렬 구성으로 이루어진 3상 전압형 인버터로써 직류 입력 전원에서부터 3상 교류 출력의 전압을 발생하여 이를 3상 부하에 공급하는 기능을 갖는다. 따라서 발생된 인버터의 공간 전압 벡터 및 전류는 다음과 같다.

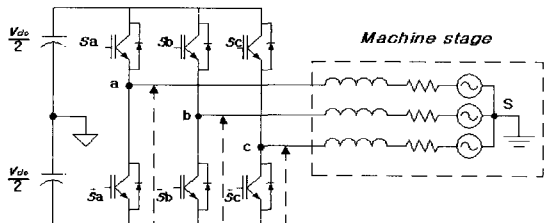


그림 1 3상 전압형 인버터 구성도
Fig. 1 Configuration Diagram of a three-phase VSI

$$V_s = \frac{2}{3} (V_{as} + aV_{bs} + a^2V_{cs}) \quad (1)$$

$$i_s = \frac{2}{3} (i_{as} + ai_{bs} + a^2i_{cs}) \quad (2)$$

여기서, $a = e^{j\frac{2}{3}\pi}$

그림 1에서 스위치 S_a, S_b, S_c 를 각각 상보형(Complementary)으로 동작시킨 결과, 스위칭 조합에 따른 출력 전압벡터(V_s)는 유효벡터 6개($V_1 \sim V_6$), 무효벡터 2개(V_0, V_7)가 발생하게 된다. 스위칭 조합에 따른 출력전압 벡터는 그림 2와 같다.

SVPWM방식의 기본원리는 한 주기 내에서 기준 전압 벡터(V^*)와 평균적으로 동일한 전압을 인버터에서 유효벡터들을 이용하여 합성해 내는 것이다. 즉, V^* 의 양변에 있는 유효벡터와 무효벡터를 조합하여 지령전압 V^* 와 평균적으로 동일한 전압을 발생시킨다^[1].

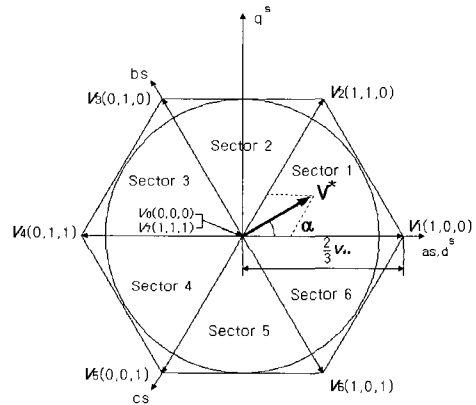


그림 2 인버터 출력 전압 벡터
Fig. 2 Inverter output voltage vector

그림 2에서 V^* 는 섹터(sector) 1에 위치하며, 양변의 유효벡터를 인가하는 T_1 및 T_2 시간과 무효벡터 인가시간 T_0 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\int_0^{T_s} V^* dt = \int_0^{T_1} V_1 dt + \int_{T_1}^{T_2} V_2 dt + \int_{T_2}^{T_s} V_{0,7} dt \quad (3)$$

식 (3)은 T_s 시간동안 V_{dc} 와 V^* 가 변하지 않는다면, 식 (4)로 쓸 수 있다.

$$V^* T_s = V_1 T_1 + V_2 T_2 \quad (4)$$

지령 전압벡터 V^* 를 발생시키기 위한 스위칭 시간은 식 (5), (6), (7)과 같다.

$$T_1 = \frac{\sqrt{3}T_s}{V_{dc}} [\sin(\frac{\pi}{3}m)V_{ds}^* - \cos(\frac{\pi}{3}m)V_{qs}^*] \quad (5)$$

$$T_2 = \frac{\sqrt{3}T_s}{V_{dc}} [-\sin(\frac{\pi}{3}(m-1))V_{ds}^* + \cos(\frac{\pi}{3}(m-1))V_{qs}^*] \quad (6)$$

$$T_0 = T_s - (T_1 + T_2) \quad (7)$$

여기서, T_s = 샘플링주기, m = 섹터(1,2,...6)

스위칭 시간이 결정되면 3상 대칭 변조 기법에 의한 스위칭 함수를 구한다. 구해진 스위칭 함수는 인버터 스위치들을 한 샘플링 주기에서 ON시키고, 다음 주기에 OFF시켜 두 주기 동안 1회의 대칭적인 동작을 수행하게 된다.

2.2 제안된 RPP-PWM 기법

기존의 RPP-PWM(Random Pulse Position-PWM) 기법의 경우는 3상대칭 변조기법에서의 대칭 축을 랜덤하게 변화게 하는 RCD(Random Displacement of the Pulse Center) 방식, 펄스의 위치를 오른쪽 또는 왼쪽으로 정렬을 시키는 RLL(Random Lead-Lag Modulation) 방식, 그리고 각 상의 펄스를 오른쪽으로 정렬시킨 뒤 왼쪽으로 랜덤 함수에 의해 이동시켜 랜덤한 펄스의 위치를 발생시키는 iRPP-PWM 변조방법 등이 있다^[5,6,7].

본 논문에서 제안된 RPP-PWM 기법은 SRP-PWM(Separately Random Pulse Position PWM)으로서 각 상의 펄스를 개별적으로 랜덤하게 위치시키는 기법이다. 제안된 기법은 기존의 SRP-PWM을 구현하기 위해 PWM 펄스를 오른쪽으로 정렬하는 과정을 생략하였고, 이는 SRP-PWM 기법을 구현하는 알고리즘 연산 시간을 감소 및 구현의 용이성을 증대 시켰다. 그림 5와 6은 제안된 SRP-PWM 기법과 iRPP-PWM 기법을 구현하기 위한 플로우 차트이다^[7]. 연산 시간은 RPWM 기법을 구현하기 위한 시간을 의미한다. 본 논문에서 제안한 기법의 경우 인터럽트 SRP-PWM 기법을 구현하기 위한 시간이 48us, iRPP-PWM은 67us이다. 이것은 제안된 SRP-PWM으로 연산시간을 약 30% 감소 시킨 것이다. 그림 3과 그림 4는 제안한 SRP-PWM 기법과 iRPP-PWM 기법의 연산 수행시간이다.

먼저 RPWM의 효과를 증대시키기 위해서는 랜덤수 발생이 고른 분포를 가져야 한다. 또한 한 변조 구간 내에서 펄스의 위치가 고루 분포되도록 하기 위해서는 펄스 위치를 결정하는 랜덤수를 정해진 범위 내에서

발생하도록 해야 한다.

주기성 없이 사용자의 요구에 맞는 랜덤수를 발생시키기 위해서 0부터 I_m 사이의 정수를 식 (8)에 의해 발생시킨다. 랜덤수 J_{min} 에서부터 J_{max} 사이에서 정수를 발생시키고자 할 때는 식 (9)로 정리될 수 있다^[7].

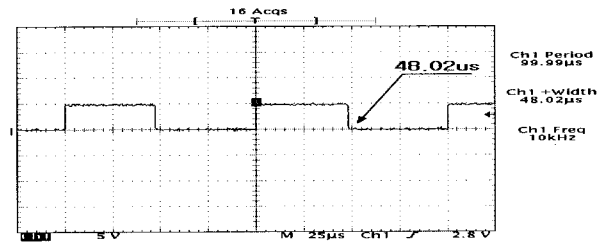


그림 3 제안된 SRP-PWM 연산 시간
Fig. 3 Calculating time of SRP-PWM

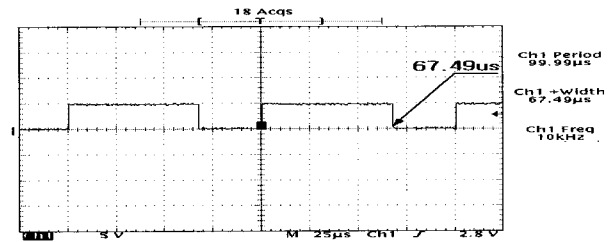


그림 4 iRPP-PWM 연산시간
Fig. 4 Calculating time of iRPP-PWM

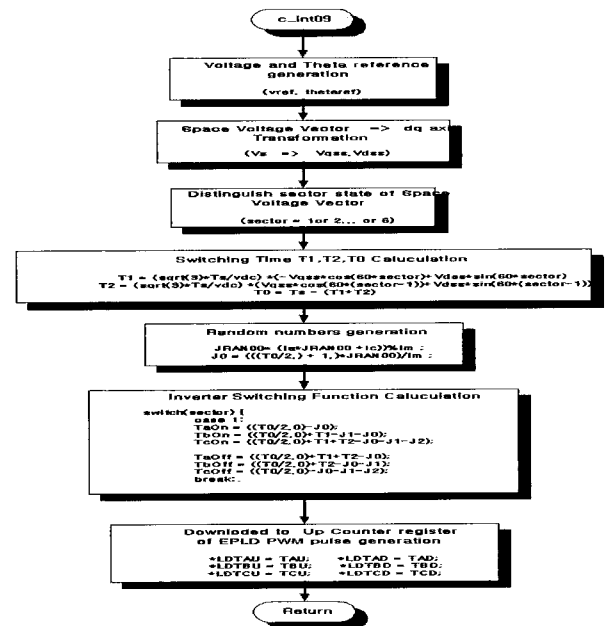


그림 5 SRP-PWM 발생 프로그램 흐름도
Fig. 5 Flow chart of SRP-PWM algorithm

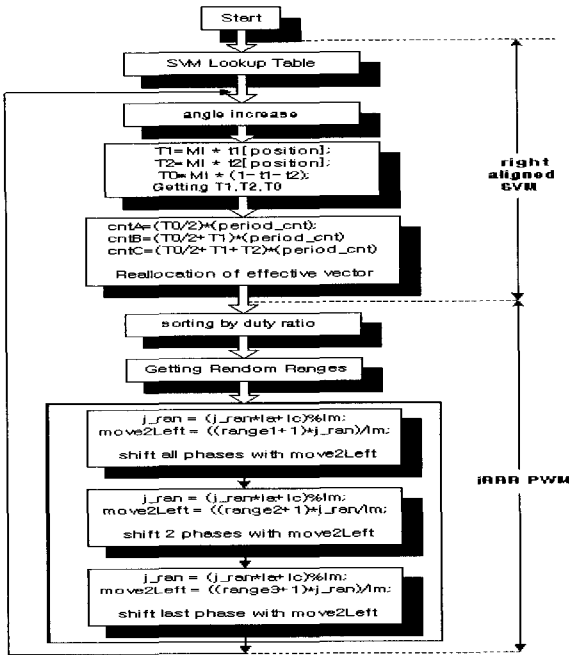


그림 6 iRPP-PWM 발생 프로그램 흐름도
Fig. 6 Flow chart of iRPP-PWM algorithm

$$J_{ran+1} = (J_{ran} * I_a + I_c) \% I_m \quad (8)$$

$$J = J_{min} + \frac{((J_{max} - J_{min} + 1) * J_{ran})}{I_m} \quad (9)$$

여기서, $I_m = 6075$, $I_a = 106$, $I_c = 1283$ 이며, I_a , I_c , I_m 은 각각 multiplier, increment, modulus 이고 J_{min} , J_{max} 는 발생되는 랜덤수의 최소값 및 최대값이다. 또 I_c 는 소수(prime number)이어야 하며, I_c 와 I_m 은 식 (10)과 같은 관계를 가져야 한다.

$$I_c \approx (\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\sqrt{3}) * I_m \quad (10)$$

식 (8), (9)에서 I_m, I_a, I_c 값은 랜덤수가 고르게 분포하는데 중요한 값이므로 적절하게 선택하여 랜덤 수가 고른 분포를 가질 수 있도록 해야 한다.

그림 7에서 보듯 원하는 범위내의 랜덤수를 발생시킨 뒤, 먼저 각 상을 오른쪽 또는 왼쪽으로 이동하게 하는 랜덤수의 부호를 랜덤하게 결정 한다. 다음으로 가장 큰 스위칭 함수를 가진 상을 선택하여 발생된 랜덤수($\pm J_0$) 만큼 이동시킨다.

그런 다음 중간 크기의 스위칭 함수를 가장 큰 스위

칭 함수의 범위를 벗어나지 않도록 랜덤수($\pm J_1$)를 발생시켜 펄스를 이동시킨다. 끝으로 가장 작은 스위칭

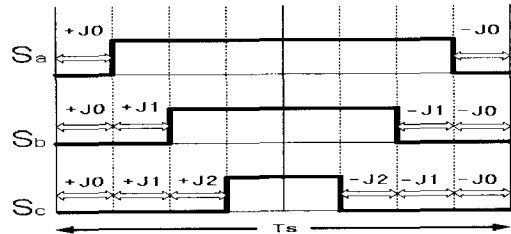


그림 7 발생된 랜덤수에 따른 각 상의 펄스 이동
Fig. 7 Phase shift using generated random numbers

함수를 중간 크기의 스위칭 함수 범위 내에서 발생된 랜덤수($\pm J_2$)만큼 이동시킨다. 이 결과 매 스위칭 주기마다 각 랜덤수의 부호 및 발생되는 랜덤수가 다르므로 랜덤한 위치의 PWM 펄스를 발생시킬 수 있다. PWM 방식을 사용한 인버터의 경우 보통 M_f (Frequency Modulation Ratio)를 21이상으로 하지만 본 논문에서는 고조파의 영향을 최소화 하고, 고속 운전을 하기 위하여 50이상의 M_f 를 가지도록 하였다. 따라서 스위칭 주파수를 10KHz로 하였다. SVPWM 기법을 구현하기 위해서도 섹터 판별, 섹터에 따른 스위칭 시간 및 스위칭 함수 등 많은 연산 시간이 필요하다. 또한 RPP-PWM의 기법은 랜덤수 발생기가 포함되어 있어 알고리즘의 연산 시간은 더욱 커지게 된다. 만약 스위칭 주파수 내에 지령전압을 발생시키기 위한 SRP-PWM 구현 알고리즘의 연산이 모두 이루어지지 않는다면 지령전압을 발생시킬 수 없게 된다. 그림 8에서 J_0 와 J_1 은 양수의 랜덤수로, J_2 는 음수의 랜덤수로 발생되었을 때 섹터 1에서 제안된 SRP-PWM 기법에 의해 발생되는 PWM 펄스를 보여주고 있다. 점선의 펄스는 SVPWM 기법에 의해 발생된 펄스이며, 반면 굵은 실선은 새로운 SRP-PWM 펄스이다.

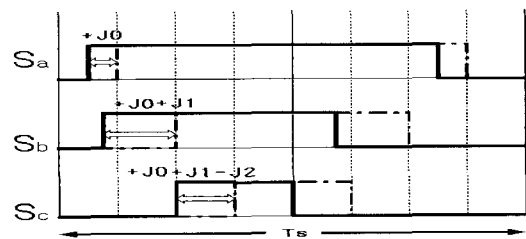


그림 8 랜덤하게 위치한 PWM 펄스 (섹터 = 1)
Fig. 8 SRP-PWM waveform (sector = 1)

3. 제안된 SRP-PWM 기법을 적용한 인버터 시스템

본 논문에서 제안된 SRP-PWM 기법을 적용한 장치의 구성은 그림 9에서 보듯 DSP를 사용하여 설계된 디지털 제어기와 다이오드 브리지 정류기, 필터 커패시터 및 IGBT 인버터로 구성된 전력 변환 회로로 크게 구성된다.

디지털 제어기는 제안된 SRP-PWM 기법을 구현하기 위한 대부분의 알고리즘은 C언어를 사용하였다. 디지털 제어기는 CPU에 해당하는 DSP를 중심으로 EPLD 논리부와 외부 SRAM 및 EPROM의 메모리부, 현재 파라미터를 볼 수 있는 LCD 디스플레이부 등으로 구성된다.

IGBT 게이트 드라이버 부분은 TOSHIBA사에서 제작한 포토 IC 커플러인 TLP250을 사용하여 전력변환 회로부와 디지털 제어부의 시스템 안정화를 위해 분리하였다.

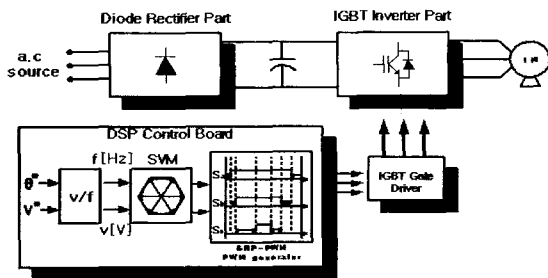


그림 9 실험에 사용된 인버터 시스템
Fig. 9 Experimental Inverter system

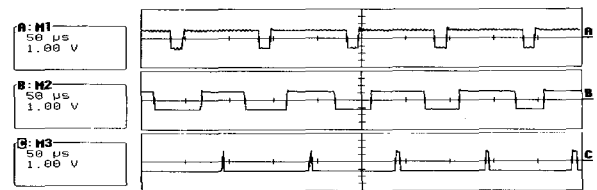
4. 시뮬레이션 및 실험 결과의 검토

본 논문에서 제안된 SRP-PWM의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다. 시뮬레이션은 MATLAB/SIMULINK를 이용하였고, 시뮬레이션 조건과 실험조건은 동일하게 적용하였다. 또한 10,000rpm 이상의 고속용 유도전동기를 구동하기 위해 SVPWM 기법과 제안된 SRP-PWM 기법을 각각 적용하여 13,200rpm 까지 개루프 방식의 v/f 제어를 사용하여 실험을 하였다.

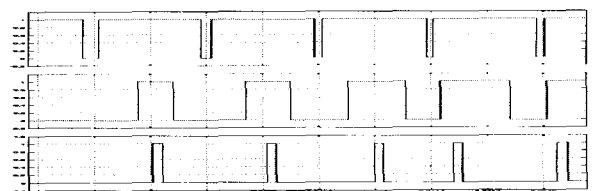
4.1 PWM 패턴 및 전압 전류 파형

제안된 SRP-PWM 기법을 검증하기 위한 시뮬레이션 및 실험에서의 스위칭 주파수(f_{sw})는 10KHz로 하

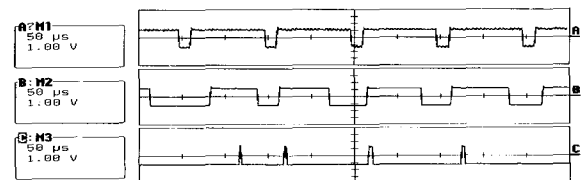
였고, 3상 다이오드 정류기로부터 발생된 직류 전압의 크기를 가변하여 실험을 하였다. 그림 10은 SVPWM 및 제안된 SRP-PWM 기법을 적용한 인버터에 출력 주파수(f_{out})를 220Hz(13,200rpm)로 하였을 경우의 PWM 파형을 시뮬레이션 파형과 실험파형으로 각각 보여주고 있다. 스위칭 주파수가 10KHz 이므로 하나의 PWM 파형이 발생하는 주기는 100us이다. 그림 6은 지령전압의 위치가 섹터 1에 있을 때의 PWM 파형이다. 그림 11은 V_{dc} 전압을 150V로 하고 출력 주파수를 220Hz로 하였을 때 제안된 SRP-PWM 적용하였을 경우와 SVPWM 적용하였을 경우 인버터 출력 전류의 시뮬레이션 파형 및 실험 파형을 보여주고 있다. 제안된 SRP-PWM 기법을 적용하였을 경우는 PWM 펄스의 위치를 랜덤하게 하기 때문에 더욱 많은 주파수 대역의 고조파가 포함되어 있으므로 전류의 왜곡이 보인다. 그림 12는 V_{dc} 전압을 250V, $f_{out}=220$ Hz일 경우, 인버터 출력 선간전압의 시뮬레이션 파형 및 실험 파형을 보여주고 있다.



(a) SVPWM 적용 시 PWM 파형(실험)

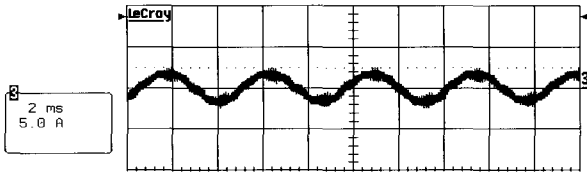


(b) 제안된 SRP-PWM 적용 시 파형(시뮬레이션)

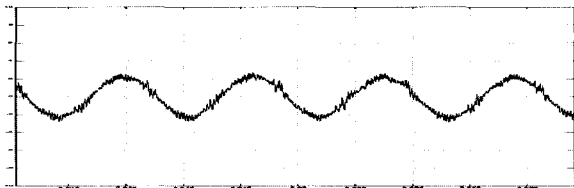


(c) 제안된 SRP-PWM 적용 시 PWM 파형(실험)

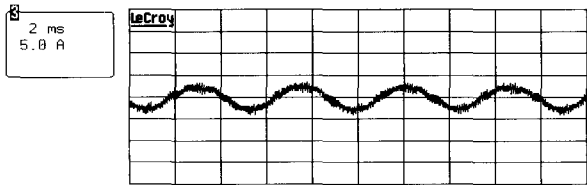
그림 10 SVPWM 및 SRP-PWM 기법 적용 시 각 PWM 파형
Fig. 10 PWM waveform by SVPWM and SRP-PWM method
 $f_{sw}=10$ KHz, $f_{out}=220$ Hz



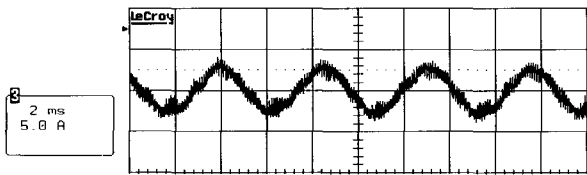
(a) SVPWM 적용 시 출력 전류 파형(실험)



(b) 제안된 SRP-PWM 출력 전류 파형(시뮬레이션)



(c) 기존의 iRPP-PWM 출력 전류 파형 (실험)



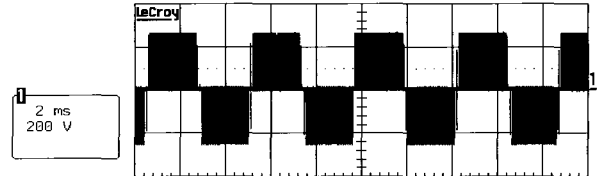
(d) 제안된 SRP-PWM 출력 전류 파형(실험)

그림 11 인버터 출력 전류 파형, $V_{dc}=150V$, $f_{sw}=10kHz$, $f_{out}=220Hz$

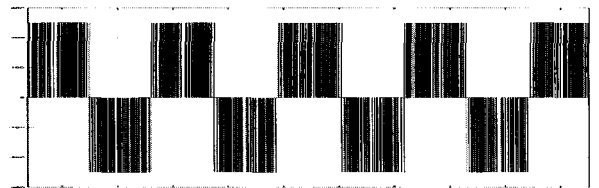
Fig. 11 Output Current waveform by SVPWM and SRP-PWM method, $V_{dc}=150V$, $f_{sw}=10kHz$ $f_{out}=220Hz$

4.2 인버터 출력 전류의 스펙트럼 분석

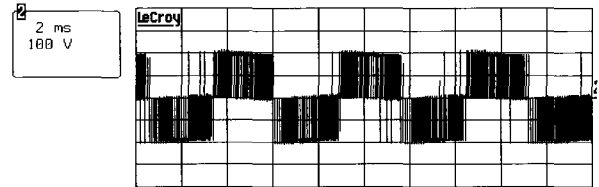
전압 및 전류의 스펙트럼 분석은 스위칭 주파수의 정수배에 해당하는 대역의 고조파만을 대상으로 하였다. RPWM 기법이 전체 고조파를 저감하는 효과가 아닌, 스위칭 주파수의 정수배에 해당하는 특정 주파수 대역에 고조파가 집중적으로 발생하는 것을 분산시키는 효과를 가지고 있으므로^[8], 특정 주파수 대역의 고조파만의 크기를 비교하여 제안된 SRP-PWM 기법의 타당성을 검증하였다. 또한 MATLAB/ SIMULINK 를 이용하여 SVPWM 기법과 제안된 SRP-PWM 기법에 대한 시뮬레이션을 하였다. 그림 13은



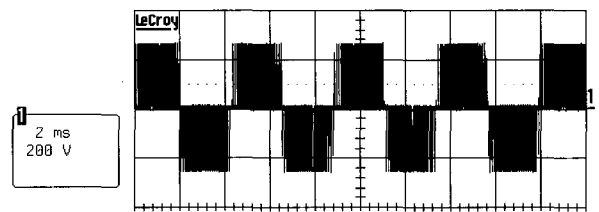
(a) SVPWM기법 적용시 인버터 출력 선간전압 파형(실험)



(b) 제안된 SRP-PWM 출력 선간전압 파형(시뮬레이션)



(c) 기존의 iRPP-PWM 전압파형, $V_{dc}=200V$, $f_{out}=180Hz$



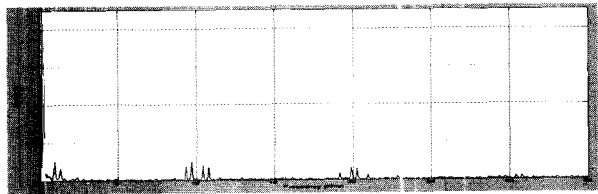
(d) 제안된 SRP-PWM의 인버터 출력선간전압 파형(실험)

그림 12 인버터 출력 선간전압 파형

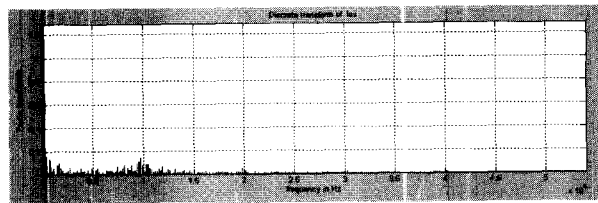
Fig. 12 V_{L-L} waveform of SVPWM and SRP-PWM method, $V_{dc}=250V$, $f_{sw}=10kHz$, $f_{out}=220Hz$

$V_{dc} = 200 (V)$, $f_{out} = 180 (Hz)$ 일 경우 SVPWM 및 제안된 SRP-PWM 기법과 기존의 iRPP-PWM 기법 적용 시 인버터 출력 전류 스펙트럼의 시뮬레이션 및 실험 파형이다. 제안된 SRP-PWM 기법을 적용하였을 경우, 전류 스펙트럼이 스위칭 주파수의 2배수인 20KHz 이상에서 고조파 성분들의 크기가 많이 감소되었으며, 기존의 iRPP-PWM 기법의 경우에서도 고조파 성분들의 감소를 볼 수 있으나, THD 분석 결과 제안된 SRP-PWM 경우보다 약간 높게 나타남을 확인하였다. 기존의 iRPP-PWM 기법은 $V_{dc} = 150(V)$ 로 하였을 경우에만 실험을 수행하였다.

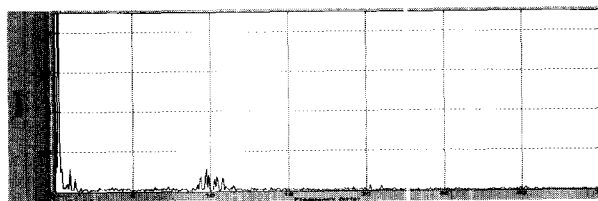
표 1은 SVPWM과 기존의 iRPP-PWM 및 제안된 SRP-PWM의 출력주파수 및 입력단 V_{dc} 전압의 변화에 따른 전류 THD(Total Harmonic Distortion) 크기이다. 그림 14를 보면 180Hz에서 200Hz까지 RPWM의 효과가 상당히 크음을 알 수 있으며, V_{dc} 전압이 250V 이하 일 때, 출력 주파수 220Hz에서는 랜덤함수를 적용함에 있어 홀수 및 짝수 섹터로 구분하여 랜덤함수를 적용하였기에 랜덤 효과가 낮아졌다. 그 결과 THD 값이 비슷하게 나타났다. 표 1 및 그림 15에서 V_{dc} 전압을 310V로 하였을 경우는 섹터를 두개의 그룹으로 구분하지 않고 실험하였으며, 그 결과 출력 주파수가 220Hz에서도 고조파의 크기가 많이 저감되었다.



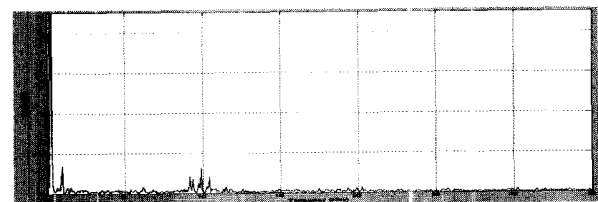
(a) SVPWM 기법 적용 시 인버터 출력 전류 스펙트럼(실험)



(b) SRP-PWM 기법 적용 시 인버터 출력 전류 스펙트럼(시뮬레이션)



(c) iRPP-PWM 기법 적용 시 인버터 출력 전류 스펙트럼(실험)



(d) SRP-PWM 기법 적용 시 인버터 출력 전류 스펙트럼(실험)

그림 13 인버터 출력 전류 스펙트럼 파형
Fig. 13 Inverter Output Current Spectrum by SVPWM and SRP-PWM method, $V_{dc} = 200V, f_m = 10KHz, f_{out} = 180Hz$

표 1 SVPWM, 제안된 SRP-PWM 및 iRP-PWM(150V)의 V_{dc} 에 따른 출력주파수별 THD 크기 (단위 : %)

Table 1 THD value by DC link voltage and Output frequency

V_{dc} (V) \ f_{out} (Hz)		100	150	180	200	220
100	SRP-PWM	7.5	9.0	7.5	9.9	13.2
	SVPWM	7.8	10.0	10.9	10.8	12.3
150	SRP-PWM	6.6	7.78	7.4	9.7	12.2
	iRPP-PWM	5.87	8.71	9.22	9.73	13.09
	SVPWM	7.0	9.8	10.8	10.9	11.9
200	SRP-PWM	5.4	7.1	6.9	9.5	13.1
	SVPWM	5.7	9.2	10.5	10.6	11.8
250	SRP-PWM	·	6.8	6.9	8.3	12.6
	SVPWM	·	8.4	9.4	10.4	11.3
310	SRP-PWM	·	·	7.4	7.5	8.63
	SVPWM	·	·	8.6	9.8	10.07

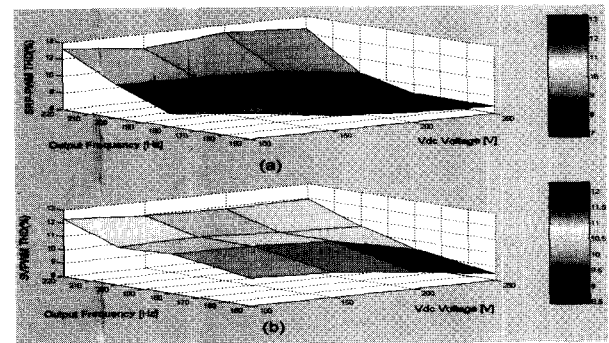


그림 14 V_{dc} 전압 및 출력주파수별 THD 그래프(실험)

(a) 제안된 SRP-PWM (b) SVPWM

Fig. 14 THD magnitude graph by V_{dc} and f_{out}

(Experiment) (a) Proposed SRP-PWM (b) SVPWM

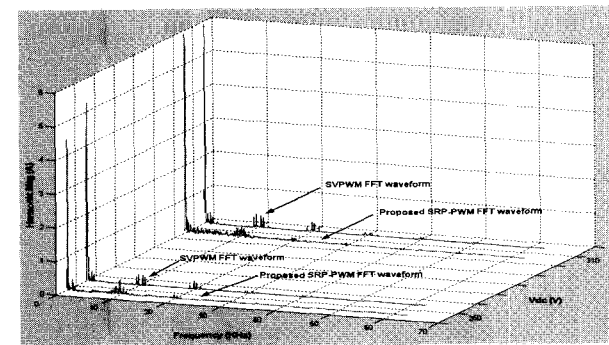


그림 15 출력주파수가 220Hz 시 출력 전류 스펙트럼(실험)

Fig. 15 Output current harmonic spectrum

$f_{out} = 220(Hz)$ (Experiment)

5. 결 론

본 논문에서 유도전동기 구동을 위한 새로운 SRP-PWM 기법을 제안하였다. 고정된 스위칭 주파수를 사용하는 공간 전압 벡터 변조 기법은 특정 주파수에 고조파가 집중하여 여러 가지 문제점이 발생하였으며, 이러한 문제점을 보완하기 위하여 제안된 기법을 적용하였다. 제안된 기법에 대해 시뮬레이션 및 3상 인버터 시스템으로 실험을 한 결과, 10,000rpm 이상의 고속 운전에서의 RPWM 효과가 우수하게 나타났다. 그 결과 3상 유도전동기의 고속 운전 시 품질 좋은 인버터 구동 시스템을 구성할 수 있었다.

또한 제안된 SRP-PWM 기법은 기존의 iRRP-PWM 기법과 달리 THD 저감 효과는 유사하게 나타났으나 제안된 SRP-PWM 기법은 PWM 펄스를 재 정렬하지 않고 발생 시켜, SRP-PWM 기법을 구현하는 알고리즘 연산 시간이 30%정도 감소되었다. 이는 스위칭 주파수가 높은 운전 조건에서도 적용이 가능하게 하였다.

앞으로 진행해야 할 연구 과제로는 스위칭 주파수의 정수배의 고조파만을 고려한 방법이 아닌 실수배의 고조파까지 고려한 FFT 알고리즘을 개발하여, RPWM 기법에 스위칭 주파수의 실수배까지 고려한 FFT 분석이 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

[1] 윤덕용, 홍순찬, "공간전압벡터 PWM 기법을 이용한 영구 자석형 동기전동기 속도제어", 전기학회논문지, 제 43 권, 제7호, pp. 1112~1120, 1994.
 [2] S. Ogasawara, H. Akagi and A. Nabae, "A Novel PWM Scheme of Voltage Source Inverters Based on Space Vector Theory", *EPE Conf. Rec.*, pp. 1197~1202, 1989.
 [3] M.M Bech, J.K Pedersen, and F. Blaabjerg, "Random modulation techniques in power conversion- an update", *PEMC '96*, pp. 3/357~3/365, 1996.
 [4] R.L. Kirlin, S. Kwok, S. Legowski, and A.M. Trzynadlowski, "Power Spectra of a PWM Inverter with Randomized Pulse Position", *IEEE Trans, PE*, Vol. 9, No. 5, pp. 463~471, 1994.
 [5] M.M Bech, J.K Pedersen, and F. Blaabjerg, "Random modulation techniques width fixed switching frequency for three-phase power converters", *PESC '99*, pp. 544~551, 1999.
 [6] S. Legowski and A. M Trzynadlowski, "Advanced

random pulse width technique for voltage controlled inverter drive systems," in *Proc. 6th Ann. IEEE Appl, Power Electron, Conf.*, pp. 100~106, 1991.
 [7] 위석오, 정영국, 나석환, 임영철, "모터 구동 장치의 가청 스위칭 소음 저감을 위한 2상 및 3상 랜덤펄스 위치 PWM 기법의 성능비교", *전력전자학회 논문지, 제7권, 제3호*, pp. 224~236, 2002.
 [8] A. M. Trzynadlowski, F. Blaabjerg, J. K. Pedersen, R. L. Kirlin, and S. Legowski, "Random pulse width modulation techniques for converter-fed drive systems - A review", *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, Vol. 30, pp. 1166~1175, Sept./Oct. 1994.

저 자 소 개



권수범(權洙範)
 1976년 5월 3일생. 2002년 대전대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).



이효상(李曉相)
 1977년 1월 22일생. 2002년 대전대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).



박종진(朴鍾珍)
 1966년 6월 2일생. 2002년 대전대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002~현재 (주)화인전자 개발실장.



김남준(金南俊)
 1964년 12월 19일생. 1988년 한양대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1992년~현재 대전대 전기공학과 부교수.